

ПРИМЕНЕНИЕ ОБУЧАЕМЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ СТАТИСТИЧЕСКОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

О.Н. Рожко, Д.Т. Якупов, Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ, Россия, г. Казань

Ключевые слова: статистический прогноз, обучаемые искусственные нейронные сети, метод экспоненциального сглаживания.

Представленное статистическое прогнозирование выполнено в рамках работы над проектом – совершенствование транспортно-логистической инфраструктуры Республики Татарстан. В рамках проектирования рабочей группой разрабатывается методический подход, позволяющий оптимизировать процессы организации и управления региональными грузовыми перевозками через создание опорной сети логистических объектов различных классов и назначения, на основе оценки логистического потенциала муниципальных районов региона.

Для объективной оценки изменения динамики грузопотоков, а также перспектив развития сети необходимо выполнить прогнозирование ряда критериальных показателей логистического потенциала, а именно, объемов грузовых перевозок наземными видами транспорта и производственного потенциала административно-территориальных единиц (районов) республики. Традиционно объемы грузовых перевозок и производственного потенциала прогнозировались с применением экстраполятивных методов, надежно зарекомендовавших себя на уровне прогнозов сложившихся цепей поставок в определенных горизонтах, когда экономическое развитие непрерывно и прогноз может быть простой экстраполяцией на основании оценки прошлых показателей деятельности логистических систем и их трендов, переносимых в будущее [1, 2]. В случае, когда прогнозирование должно объединить в себе два способа развития транспортно-логистических процессов с разнотрендовыми грузопотоками, в том числе транзитными, – гладкий и скачкообразный, создавая сценарий будущего из сочетания различных вариантов развития выбранных показателей, традиционные методы, как отмечает большинство исследователей, недостаточно эффективны [2, 4, 6]. Этот вывод подтвердили и выполненные нами, с применением программного пакета Statistica 13.2, прогнозы на основе экстраполяционного тренда [5].

В качестве альтернативного варианта среднесрочного статистического прогнозирования предлагается рассмотреть метод обучаемых искусственных нейронных сетей. Вывод о его применимости для кратко- и среднесрочных прогнозов сделан на основании трудов [3, 4, 6, 9]. В рамках статьи результаты прогноза, полученные с его применением, представлены в сравнении с

результатами прогноза, выполненного методом экспоненциального сглаживания (верификация результатов прогнозов именно этим экстраполятивным методом, из всех примененных нами, была наиболее достоверной). При прогнозировании на искусственных нейронных сетях (ИНС) использовались три следующих метода обучения: алгоритм Левенберга-Марквардта – обучение сети останавливается, когда обобщение перестает улучшаться, что показывает увеличение средней квадратичной ошибки выходного значения; метод регуляризации Байеса – обучение сети останавливается в соответствии с минимизацией адаптивных весовых коэффициентов и метод масштабированных сопряженных градиентов, который используется для нахождения локального экстремума функции на основе информации о её значениях и градиенте [7–9]. Для прогнозирования нами использован пакет NeuralNetworkToolbox – нейросетевая модель состоит из скрытого слоя нейронов с сигмоидальной функцией активации и выходного нейрона с линейной функцией активации, на вход подаются значения временных динамических рядов, с выхода снимается прогнозируемое значение. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения обучаемых искусственных нейронных сетей в случае сложнопрогнозируемых показателей, имеющих неравномерно нелинейно меняющийся характер во временном динамическом ряду.

При прогнозирование производственного потенциала методом экспоненциального сглаживания – значения производственного потенциала за 2013–2014 гг. сглажены и, на основе полученных сглаженных характеристик спрогнозированы значения за 2015 г. по каждому району, значение коэффициента сглаживания α , при котором относительная ошибка наименьшая для тестовой выборки (2015 г.), использовано для прогнозирования на следующие 3 года. Искусственные нейронные сети – обучение сети велось по значениям 2013–2015 гг. 15 районов. Тестирование сети – по значениям 16-ого района (по значениям за 2013 г., 2014 г. прогнозировалось значение за 2015 г.). Рассмотрены ИНС с 1, 2 и 3 нейронами в скрытом слое, обученные разными методами. Оценка прогноза произведена по значению относительной ошибки. По прогнозированию производственного потенциала районов-лидеров региона ИНС показала лучший, по отношению к МЭС, результат, относительная ошибка прогноза – 0,001 % для ИНС и 0,391 % для МЭС, следовательно, спрогнозированные результаты признаем удовлетворительными.

Прогнозирование объемов грузоперевозок автомобильным и железнодорожным видами транспорта велось на основании статистических показателей за предшествующий пятилетний период. При методе экспоненциального сглаживания значения объемов грузоперевозок за 2011–2014 гг. были сглажены и, на основе полученных сглаженных характеристик спрогнозированы значения за 2015 г. по каждому району, значение коэффициента сглаживания α , при котором относительная ошибка наименьшая для тестовой выборки (2015 г.), было использовано для прогнозирования на следующие 3 года. Средняя относительная ошибка прогноза составила 2,735 %. Максимальная относительная ошибка составила 18,274 %. Обучение искусственной нейронной сети велось по значениям 2011–2014 гг. всех 16

районов (нулевые исходные данные по районам, не имеющим железнодорожного сообщения). Тестирование сети – по значениям 2015 г. (по значениям за 3 предыдущих года прогнозировалось значение за 2015 г.), были рассмотрены сети с 2–7 нейронами в скрытом слое, обученные разными методами. Оценка прогноза произведена по значению относительной ошибки по каждому району. Для автомобильных грузоперевозок ИНС также показала лучший результат, средняя относительная ошибка прогноза – 12,912 % для ИНС и 15,456 % для МЭС, при этом отношение среднеквадратичной ошибки к среднему значению (2,624 %) дает основание признать прогноз ИНС удовлетворительным. По прогнозу объемов железнодорожных грузоперевозок получены сопоставимые по точности показатели прогнозирования как МЭС, так и ИНС, однако ИНС показала лучший результат, средняя относительная ошибка прогноза – 1,53 % для ИНС и 2,735 % для МЭС. Спрогнозированные результаты, полученные обоими методами, признаем удовлетворительными.

Полученные результаты статистических прогнозов будут учтены при выборе типа, класса и размера производственных мощностей логистических объектов в разрабатываемой модели транспортно-логистической сети региона.

Список литературы

1. *Владимирова Л.П.* Прогнозирование и планирование в условиях рынка. М.: Дашков и К, 2012. 308 с.
2. *Меркулова Ю.В.* Ситуационно-стратегическое планирование в экономике: монография в 2-х томах. Т. 2. Моделирование оптимальных стратегий и программ. М.: Экономика, 2015. 464 с.
3. *Осовский С.* Нейронные сети для обработки информации. Пер. с польского И.Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2004. 344 с.
4. *Костина Л.Н., Гареева Г.А.* Нейронные сети в задачах прогнозирования временных рядов // Инновационная наука. 2015. № 6. С. 70–73.
5. *Рожко О.Н.* Статистическое прогнозирование основных показателей транспортно-логистического потенциала региона // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2016. № 9 (1). С. 176–183.
6. *Тадеусевич Р., Боровик Б., Гончаж Т., Леннер Б.* Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ. Пер. с польск. И.Д. Рудинского. М.: Горячая линия Телеком, 2011. 408 с.
7. *Wasserman P. D.* Advanced methods in neural computing. New York: Van Nostran Reinhold, 1993. 240 p.
8. *Schmidhuber J.* deep learning in neural networks: a review // Neural networks. 2015. Vol. 61. P. 85–117.
9. *Федоров Е.Е.* Искусственные нейронные сети. Красноармейск: ДВНЗ «ДонНТУ», 2016. 338 с.